文章编号：1001－3997(2005)07－0056－02

空间太阳能电池串自动布贴系统的研究

孙文平 赵言正 付 庄 曹其新（上海交通大学 机器人研究所，上海 200030）

【摘要】为了保证太阳能电池在恶劣的太空环境下能可靠的运行，必须将太阳能电池串牢固的布贴在帆板上。空间太阳能电池串的布贴操作是空间太阳电池方阵制造过程的重要环节。这里通过机器人技术、滴胶技术和布贴技术的结合，设计出一套空间太阳能电池串自动布贴系统，实现了太阳能电池串的高精度布贴和精确施压。文章详细介绍了设计方案，并对施压方案进行了试验分析。

关键词：太阳能电池串；自动布贴；机器人；施压；帆板

中图分类号：TP24 文献标识码：B

太阳能电池方阵是航天器正常工作的重要组成部分之一，全世界发射的航天器大都采用太阳能电池方阵作为其电源系统，太阳能电池方阵的制造工艺水平直接影响航天器的可靠性和其制造成本。为了保证太阳能电池方阵在恶劣的太空环境下可靠的运行，必须将空间太阳能电池串牢固的布贴在帆板上。目前电池串的布贴操作大多采用手工布贴，难以保证电池串的间距一致且相互平行，因此需要设计出一套系统来将几米长的柔软的电池串牢固的布贴在帆板上。

1 设计要求

国内生产中对太阳能电池串的布贴操作一般有以下要求：

(1) 自动布贴后，电池串互相平行且间距符合有关详细规范要求。

(2) 电池串布贴位置尺寸应符合有关详细规范及图纸要求，位置尺寸的误差要限制到一定范围内。

(3)布贴后要对电池串加压，压力精度要满足要求。

(4)电池碎片率和盖片碎片率尽量降低。

2 设计方案

由于对布贴后的电池串的位置精度要求较高，所以采用位置精度较高的直角坐标机器人来实现电池串的精确定位。布贴后为了保证电池串牢固的黏贴在帆板上，必须对电池串加压。电池片上有很薄易碎的玻璃片，因此采用柔软的吸盘来压住电池片然后施以一定的气压来进行加压。

2.1 系统组成

自动布贴系统主要由机械系统、电路控制系统、气动控制系统三部分组成。如图1所示。

2.2 机械系统组成

机械系统包括平台、四自由度直角坐标机器人、针头定位装置和电池串吸附装置。平台可以实现帆板和机器人的定位，

*来稿日期：2004－12－15

显示该元素的尺寸变化趋势(绿色和紫色—合格；黄色—负向超差；红色—正向超差。各种颜色越浅表示实测值越接近理论值，反之则表示实测值越偏离理论值)，如图3所示。

由测量结果分析得出超差尺寸元素和区域（图3中红色带和黄色带所示)，以及实际偏差值大小，从而指导相关夹具调整，达到品质控制目的。

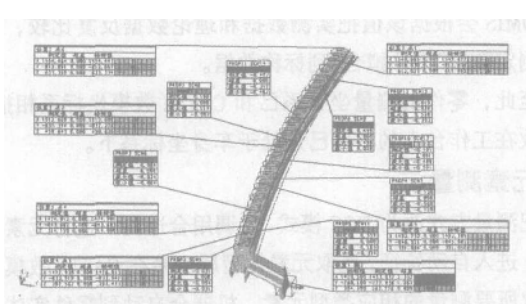

图3 扫描测量的结果分析

5 结论

根据以上介绍的技术方案，经过大量测量与分析，实现以下几个方面目标：

(1)完成大型钣金和树脂件基于CATIA数模的在线测量；

(2) 利用CATIA数模自动测量零件上任何元素，特别是对于突变点的采集测量、曲率变化明显区域的扫描测量与分析；

(3)为相关零件的工装夹具调整提供了理论依据，有效地控制零件装配的段差和间隙；

(4)CATIA数模在三坐标测量应用中的安全保密。

由于CATIA已经成为汽车工业的事实标准，国内许多整车厂和配套厂都在使用CATIA。本文是对CATIA数模在零件在线测量中应用这一课题的探讨，希望它能起到抛砖引玉的作用。

参考文献

1 张晓东．基于CATIA的应用开发研究[J]．航空计算技术，1999，(4)：6～9.

2 Hong－Tzong Yau & Chia－Hsiang Menq. Path Planning for Automated Dimensional Inspection Using Coordinate Measuring Machines [C]. Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation Sacramento, 1991: 1934～1939.

3 Wilcox Associates Inc. Direct CAD Interfaces.

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

针头定位装置和电池串吸附装置固定在直角坐标机器人上。当机器人接收到运行命令后首先带动电池串吸附装置将电池串吸附并翻转 180 度，然后带动针头定位装置运动到电池串上方开始滴胶，滴胶结束后电池串吸附装置翻转 180 度将电池串布贴到帆板上面。

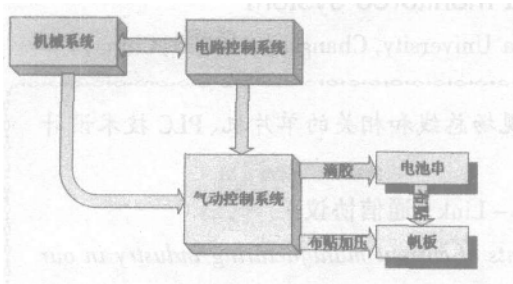

图 1 自动布贴系统组成示意图

2.3 电路控制系统组成

采用 PARKER 1505 PCI 运动控制卡来实现系统的控制。通过电机来控制直角坐标机器人的四个轴，用电磁阀来控制气路的通断。通过 c++编制相应的程序来处理运动控制卡的输入信号并将命令下达到运动控制卡，进而输出到相应的电磁阀或者电机驱动器。

2.4 气动控制系统组成

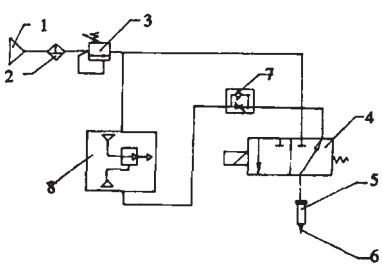

图 2 滴胶气动示意图

气动控制包括滴胶和布贴两部分。图 2 所示为滴胶气路示意图，1 为气源、2 为截止阀、3 为调压阀、4 为两位三通电磁阀、5 为针筒、6 为针头、7 为节流阀、8 为真空发生器。电磁阀为常断型（图示为断开时的示意图），断开时真空发生器工作产生真空将针筒内的胶吸住，以免不工作时胶体溢出。图 3 所示为布贴气路示意图，包括 1 为气源、2 为截止阀、9 为调压阀、10 为真空泵、11 为真空调压阀、12 为电磁阀、13 为支路电磁阀、14 为吸盘及过滤器。电磁阀 13 为常断型两位三通电磁阀，当吸盘要吸附电池串的时候将电磁阀 13 接通并将电磁阀 12 断开，真空泵 10 支路工作，产生真空。要对电池串施压的时候将电磁阀 13 接通并将电磁阀 12 接通，气源 1 支路工作，产生正压。

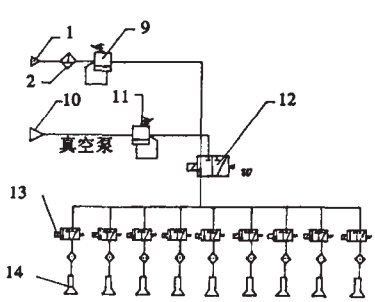

图 3 布贴气动示意图

3 加压试验分析

系统主要有吸附、滴胶、布贴、加压四个动作，其中滴胶动作与空间太阳电池自动封装系统中的滴胶动作相似，因而无需对滴胶进行试验验证。吸附、布贴和加压都是由机器人带动吸盘来实现的，其中吸附和布贴的准确执行可以通过机器人的精确定位来保证，加压要通过吸盘的变形压力加上空气的压力，而且由于电池片易碎，所以要求对压力进行精确控制，可见对加压进行试验尤其重要。

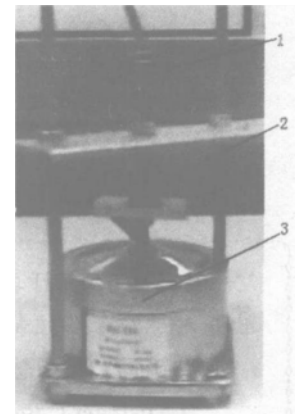

图 4 加压试验

采用型号为 NS – TH 的称重变送器，其量程为 10KG，输出为 0 ~ 5V。如图 4 所示 1 为气管、2 为吸盘、3 为称重传感器。通过调整吸盘的高度和气压的大小得出曲线如图 5 所示，由图 5 可见无论吸盘高度为多少，当气压增大到 0.25Mpa 时，继续增大气压吸盘施加的力变化很小。所以可以通过机器人的准确定位来调整吸盘的高度，从而改变吸盘施加的压力。

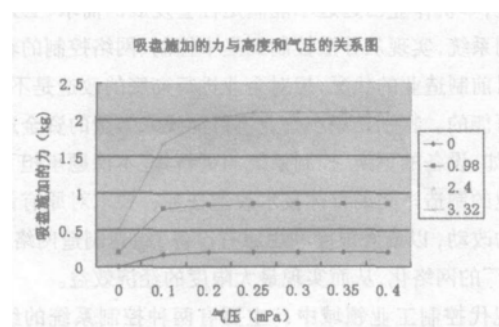

图 5 吸盘施加的力与高度和气压的关系图

4 结论

采用空间太阳能电池串自动布贴系统将显著改善目前手工操作的生产条件，降低了胶体对电池串的污染，将显著提高布贴的位置精度，降低了盖片和电池片的碎片率。提高了卫星太阳能电池方阵的的生产质量。

参考文献

1 杨庆华等．太阳能电池自动封装系统的研究．组合机床与自动化加工技术，2003，8.

2 王吉芳等．自动涂胶机的研制．制造业自动化，2001，23(6).

3 蔡自兴．机器人学．北京：清华大学出版社，2000.

4 王永东，崔容强等．空间太阳电池发展现状及展望．电源技术，2001(25).

5 李国欣．20 世纪上海航天器电源技术的进展．上海航天，2002(3).

6 孟繁华，李天贵．气动技术在自动化中的应用．北京：国防工业出版社，1988.

7 中岛弘行．气动机构及回路设计．北京：机械工业出版社，1979.

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net